

Erläuterungen zur Nuklidkarte

2. Auflage

herausgegeben vom
Bundesminister für Atomkernenergie
bearbeitet durch das
Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Institut für Radiochemie

Erläuterungen zur Nuklidkarte

2. Auflage

herausgegeben vom

Bundesminister für Atomkernenergie

bearbeitet durch das

Kernforschungszentrum Karlsruhe,

Institut für Radiochemie

Herausgeber:

DER BUNDESMINISTER FÜR ATOMKERNENERGIE BAD GODESBERG

Bearbeitet durch das Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Institut für Radiochemie und Lehrstuhl für Radiochemie der T. H. Karlsruhe

Die 1. Ausgabe 1958 wurde von W. Seelmann-Eggebert und G. Pfennig bearbeitet;
an der 2. Auflage 1961 haben außerdem noch H. Münzel und G. Zundel mitgearbeitet.

Zu beziehen durch:

1. Gersbach & Sohn Verlag, München 34, Barer Str. 32
2. Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bibliothek
Leopoldshafen/Landkreis Karlsruhe

Stückpreis einschließlich Nuklidkarte: 5,— DM

Druck: G. Braun GmbH, Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

1 Erläuterungen zur Nuklidkarte

1.1 Anordnung der Nuklide	5
1.2 Farbliche Kennzeichnung der Nuklide: Zerfallsarten; Verzweigungszerfälle; Isomere . .	5
1.3 Zahlenwerte und Zeichen in den Nuklidfeldern: Elemente; Stabile Nuklide; Instabile Nuklide	6
1.4 Zerfallsarten: Symbole; Häufigkeit (Größe des Farbkeils); Energie	6
1.5 Wirkungsquerschnitte: Elemente; Nuklide.	7
1.6 Weitere Zeichen und Abkürzungen	7

2 Verzeichnis der Bilder und Tabellen

Bild 1 Elektronenbindungsenergien	8
Bild 2 Reichweite von α -Teilchen in Luft	9
Bild 3 Reichweite von β -Teilchen in Aluminium	10
Bild 4 Halbwertsdicke für γ -Strahlen in Aluminium, Kupfer und Blei	11
Bild 5 Massenverteilung für die Spaltung von U^{235} mit thermischen Neutronen	12
Bild 6 Massenverteilung für die Spaltung von Pu^{239} mit thermischen Neutronen	13
Bild 7 Stabilitätslinie	14
Bild 8 Ladungsverteilung für die Spaltung von U^{235} mit thermischen Neutronen	15
Tab. 1 Natürliche radioaktive Nuklide mit einer Halbwertszeit $> 10^8$ a.	16
Tab. 2 Halbwertszeiten der durch Spontanspaltung zerfallenden Nuklide	16
Tab. 3 Natürliche radioaktive Familien	17
Tab. 4 e-Funktionen	18
Tab. 5 Spaltausbeuten für die Spaltung von U^{235} mit thermischen Neutronen	20
Tab. 6 Allgemeine Konstanten	22
Tab. 7 Umrechnungstabellen: 7.1 Längenmaße; 7.2 Flächenmaße; 7.3 Raummaße; 7.4 Hohlmaße; 7.5 Gewichte; 7.6 Dichte; 7.7 Druck; 7.8 Zeit; 7.9 Elektrische Größen; 7.10 Energie; 7.11 Leistung; 7.12 Wirkung; 7.13 Temperatur	24
Tab. 8 Liste der Elemente, Atomgewichte und Dichten	28

1 ERLÄUTERUNGEN ZUR NUKLIDKARTE

1.1 Anordnung der Nuklide

In der 2. Auflage der Nuklidkarte wurde die Anordnung der Nuklide unverändert beibehalten. Jedoch wurden bei der farblichen Kennzeichnung der Nuklidfelder und bei der Anordnung der Nukliddaten einige Veränderungen vorgenommen, um Hinweise auf die relativen Zerfallswahrscheinlichkeiten geben zu können.

Als Literaturquellen wurden vorwiegend die Nuclear Data Sheets des „National Research Council“, Washington D. C., verwendet. Die Originalliteratur wurde bis zum Juli 1961 berücksichtigt. Die Wirkungsquerschnitte wurden dem BNL-325, Second Edition (1. July 1958), und dem Supplement (1. Jan. 1960) entnommen.

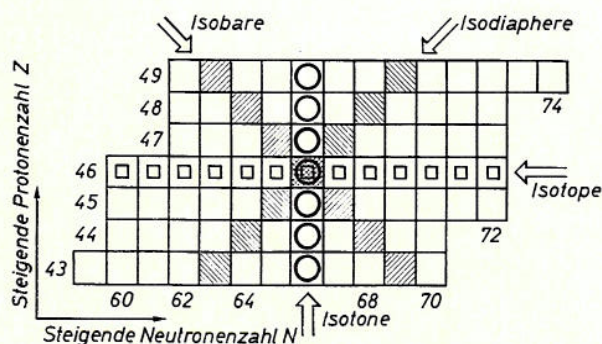
In der Karte wurden auf der Ordinate die Protonenzahl Z (Ordnungszahl) und auf der Abszisse die Neutronenzahl N aufgetragen. Bei dieser ursprünglich von E. Segrè vorgeschlagenen Anordnung, welche auch von G. Friedlander, M. L. Perlman, J. R. Stehn und E. F. Clancy in der „General Electric Chart of the Nuclides“ verwendet wurde, liegen

Isotope (Nuklide mit gleicher Protonenzahl Z) waagrecht nebeneinander,

Isotone (Nuklide mit gleicher Neutronenzahl N) senkrecht übereinander,

Isobare (Nuklide mit gleicher Nukleonenzahl $A = N + Z$) auf einer Diagonalen von links oben nach rechts unten,

Isodiaphere (Nuklide mit gleichem Neutronenüberschuß $\Delta N = N - Z$) auf einer Diagonalen von rechts oben nach links unten.



1.2 Farbliche Kennzeichnung der Nuklide

Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit der Nuklidkarte sind die einzelnen Nuklide ihrer Zerfallsart entsprechend verschiedenfarbig gekennzeichnet.

Zerfallsarten



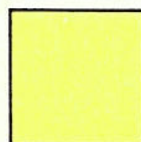
stabiles Nuklid



Negatronen-Zerfall (β^-)

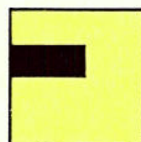


Positronen-Zerfall (β^+) oder Elektroneneinfang



Alpha-Zerfall (α)

Die unmittelbar nach ihrer Bildung in ${}^4\text{He}$ zerfallenden Kerne He^5 , Li^5 , Be^8 und B^9 sind ebenfalls gelb gezeichnet. Zerfällt ein Teil der bei einem β -Zerfall entstehenden angeregten Tochterkerne durch Emission eines α -Teilchens, so wird dies im Feld des Mutternuklids nur durch das Symbol α gekennzeichnet, während die Farbe des Feldes dem des β -Zerfalls entspricht (Li^8 , Li^9 , B^8 , N^{12} , Na^{20} , Al^{24} und Cl^{32}).

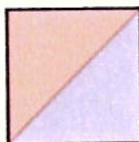


Glieder der natürlichen radioaktiven Familien mit den Ausgangskernen U^{235} , U^{238} und Th^{232} . In dem schwarzen Rechteck ist der historische Name des Nuklids angegeben.



In der Natur vorkommende Radionuklide mit sehr großer Halbwertszeit ($> 10^8$ Jahre) und U^{234} , das gewichtsmäßig entsprechend dem radioaktiven Gleichgewicht mit U^{238} im Uran enthalten ist. Die Farbe des unteren Teiles des Feldes entspricht der Zerfallsart des Nuklids; hier z. B. α -Zerfall.

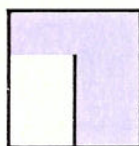
Verzweigungszerfälle



Kann ein Nuklid auf zwei verschiedene Arten zerfallen, so ist das Feld zweifarbig; hier z. B. β^- - und β^+ -Zerfall bzw. Elektroneneinfang. Die relative Häufigkeit der Zerfallsarten wird durch die Größe des Farbkeils gekennzeichnet (siehe Häufigkeit der Zerfallsart).



Isomere



Ist ein isomere Zustand mit einer Lebensdauer $> 10^{-4}$ s bekannt, so ist das Feld senkrecht unterteilt. Die linke Spalte entspricht dem metastabilen Zustand, die rechte Spalte dem Grundzustand. Geht der metastabile Zustand ausschließlich in den Grundzustand über, so ist die linke Spalte weiß.



Enthält die linke Spalte einen Farbkeil, so zerfällt der isomere Zustand auch durch Teilchenemission. Die Größe des Farbkeils gibt den Anteil der Teilchenemission am Zerfall des Isomers an (siehe Häufigkeit der Zerfallsart).

1.3 Bedeutung der Zahlenwerte und Zeichen in den Nuklidfeldern

Elemente

U
238,07
σ 7,68
σ_f 4,2

Elementsymbol
Atomgewicht natürlicher Elemente (chemische Skala O = 16)
Absorptionsquerschnitt für thermische Neutronen
Spaltquerschnitt für thermische Neutronen

Stabile Nuklide

Mg 25
10,13
σ 0,28

Symbol und Massenzahl
Häufigkeit im natürlichen Element (in %)
Einfangsquerschnitt für thermische Neutronen

Se 77
17,5 s
Jy 0,16
σ 42

Symbol und Massenzahl
linke Spalte: Halbwertszeit des metastabilen Zustands
Energie des isomeren Übergangs (MeV)

rechte Spalte: Häufigkeit im natürlichen Element (in %)
Einfangsquerschnitt für thermische Neutronen

Instabile Nuklide

Cu 64
12,8 h
K
β^+ 0,66
β^- 0,57
γ 1,34

Symbol und Massenzahl
Halbwertszeit
Zerfallsart (Energie der Partikeln in MeV)
 γ -Strahlen (Energie der γ -Strahlen in MeV)

Cd 119
11 m
β^- 3,5
γ

Symbol und Massenzahl
Zuordnung zum Grund- bzw. metastabilen Zustand [Zustand unsicher]
Halbwertszeit
Zerfallsart (Energie der Partikeln in MeV)
 γ -Strahlen unbekannter Energie

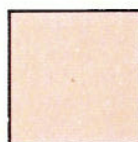
1.4 Zerfallsarten

Symbole

- α Alpha-Zerfall
- β^+ Positronen-Zerfall
- β^- Negatronen-Zerfall
- e^- Konversionselektronen
- K; L Hüllenelektroneneinfang; das Symbol L wird nur dann angewendet, wenn der Elektroneneinfang von der K-Schale aus energetischen Gründen nicht möglich ist.
- γ Gamma-Strahlen; Vernichtungs- und Röntgenstrahlung werden nicht erwähnt.
- Jy Isomeren-Übergang
- Sp Spontanspaltung; sie wird nur erwähnt, wenn die partielle Halbwertszeit der Spontanspaltung bekannt ist.
- n; p Neutronen- bzw. Protonenemission; entsteht beim β -Zerfall ein angeregtes Tochternuklid, von welchem Neutronen emittiert werden, so ist bei der β -instabilen Mutter ein „n“ aufgeführt.

Häufigkeit der Zerfallsart (siehe auch Energie)

Größe des Farbkeils in dem Feld eines Nuklids oder eines isomeren Zustandes:



Ganzes Feld: 100% der Zerfälle



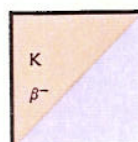
$3/4$ Feld: $\geq 95\%$ der Zerfälle



$1/2$ Feld: $\geq 5\%$, jedoch $\leq 95\%$ der Zerfälle



$1/4$ Feld: $\leq 5\%$ der Zerfälle



Bei Verzweigungszerfällen ist die häufigste Zerfallsart zuerst genannt; hier z. B. prozentualer Anteil des Elektroneneinfangs am Gesamtzerfall größer als der des β^- -Zerfalls.

- K** Ist bei dem Zerfall eines Nuklids die Zahl der eingefangenen Hüllenelektronen größer als die Zahl der emittierten Positronen, so wird K angegeben ($\% K > \% \beta^+$).
- e⁻** Das Zeichen für die Konversionselektronen wird nur dann angeführt, wenn mindestens 50% der γ -Strahlen konvertiert werden.

Energie

Die hier für γ -Strahlen aufgeführten Beispiele gelten analog auch für die anderen Strahlenarten. Alle Energieangaben erfolgen in MeV.

- γ γ -Strahlen unbekannter Energie
- γ 1,17 γ -Strahlen mit 1,17 MeV
- γ 1,17; 0,81; ... die zwei häufigsten von mehreren γ -Strahlen mit Energien von 1,17 bzw. 0,81 MeV
- γ 0,29—1,17 mehrere γ -Strahlen bekannter Energie (Grenzen 0,29 bzw. 1,17 MeV), jedoch unbekannter relativer Intensität
- γ ... γ -Strahlen bekannter Energie, jedoch mit einer Gesamtintensität von weniger als 1% der Gesamtzerfälle. Bei α -Zerfällen ist die Energie auch dann aufgeführt, wenn die Zahl der Zerfälle kleiner ist als 1% der Gesamtzerfälle.
- K 0,29** Energieangaben nach K bedeuten die maximale Energie („Endpunkt“) der inneren Bremsstrahlung in MeV.

1.5 Wirkungsquerschnitte

Die in barn angegebenen Wirkungsquerschnitte beziehen sich auf Reaktionen mit thermischen Neutronen. Sind nur die Wirkungsquerschnitte für Reaktor-neutronen bekannt, so werden diese mit einem Stern (σ^*) bezeichnet.

Elemente

- σ 1,93 Absorptionsquerschnitt 1,93 barn (Summe der Wirkungsquerschnitte aller Neutronenreaktionen mit Ausnahme der Streuprozesse)

Nuklide

- σ 2,72 Einfangsquerschnitt ($\sigma_{n,\gamma}$) 2,72 barn; entsteht bei der Reaktion ein Nuklid sowohl im metastabilen als auch im Grundzustand, so ist σ als Summe für die Bildung beider Zustände angegeben, wenn die partiellen Bildungsquerschnitte nicht bekannt sind.

$$\sigma$$
 1,5 + 3,9

Einfangsquerschnitt ($\sigma_{n,\gamma}$) für die Bildung des isomeren Zustandes 1,5 barn und für die Bildung des Grundzustandes 3,9 barn

$$\sigma_f$$

Spaltquerschnitt

$$\sigma_{n,p}$$

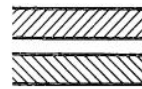
Wirkungsquerschnitt für die (n, p)-Reaktion

$$\sigma_{n,\alpha}$$

Wirkungsquerschnitt für die (n, α)-Reaktion

1.6 Weitere Zeichen und Abkürzungen

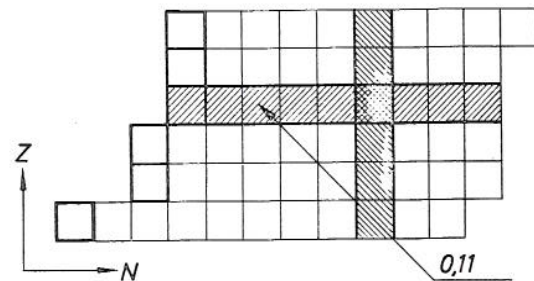
Durchgehende verstärkte Begrenzungslinien:



Magische Protonenzahl

Magische Neutronenzahl

Diagonaler Pfeil: Die durch einen Pfeil verbundenen Nuklide werden bei der Spaltung des U^{235} mit thermischen Neutronen gebildet; die auf dem unteren waagrechten Ast angegebene Zahl ist die Isobaren-Ausbeute in %.



Zuordnung der genannten Aktivitäten zum Isomeren- bzw. Grundzustand unsicher oder unbekannt

?

Daten unsicher bzw. unbekannt

μ s; ms; s

Mikrosekunde; Millisekunde; Sekunde

m; h; d; a

Minute; Stunde; Tag; Jahr

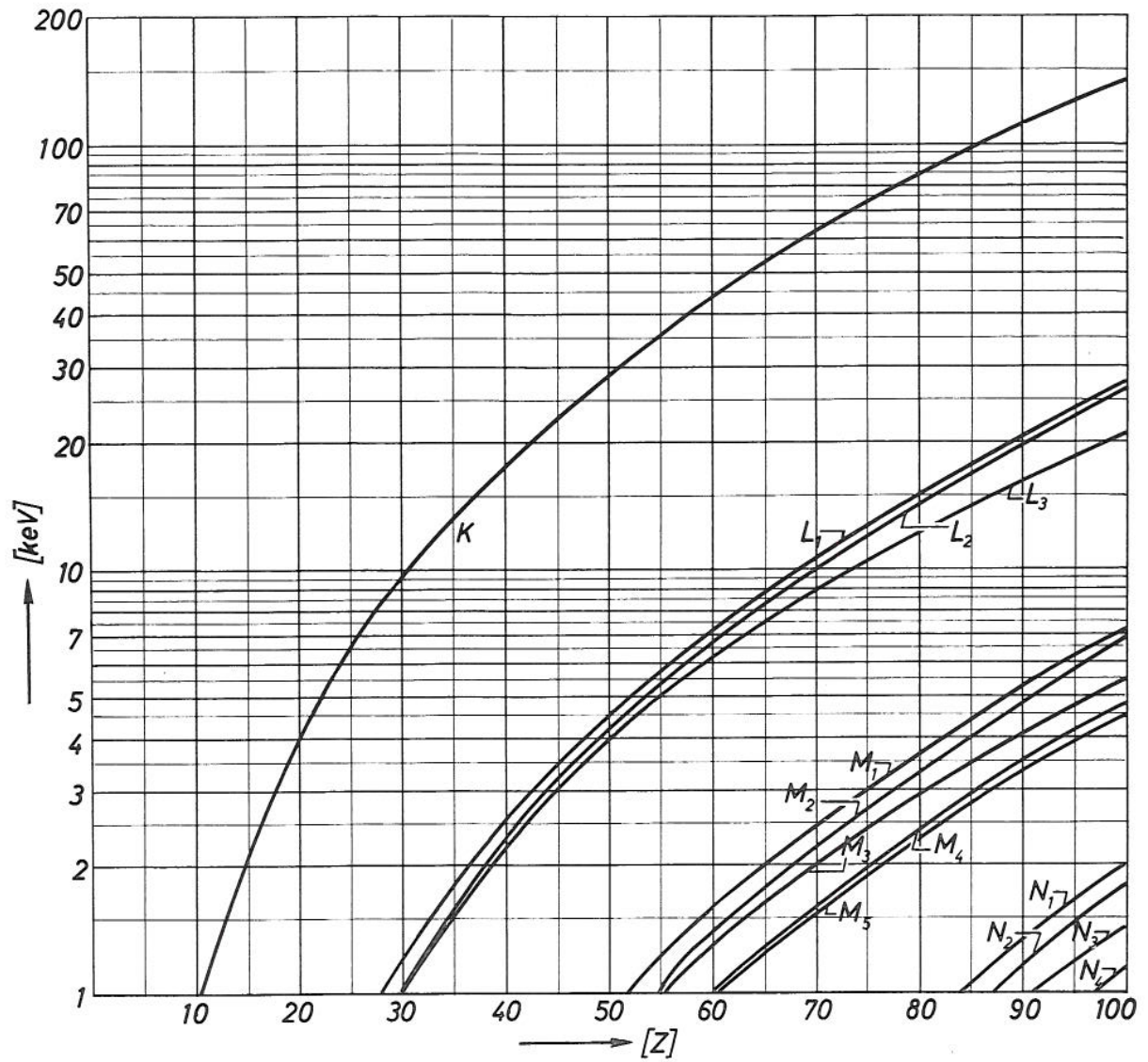


Bild 1 _ Bindungsenergien der Elektronen in den verschiedenen Schalen der Elektronenhülle in Abhängigkeit von der Ladungszahl [nach D. Strominger et al., Rev. Mod. Phys. 30, 594 (1958)]

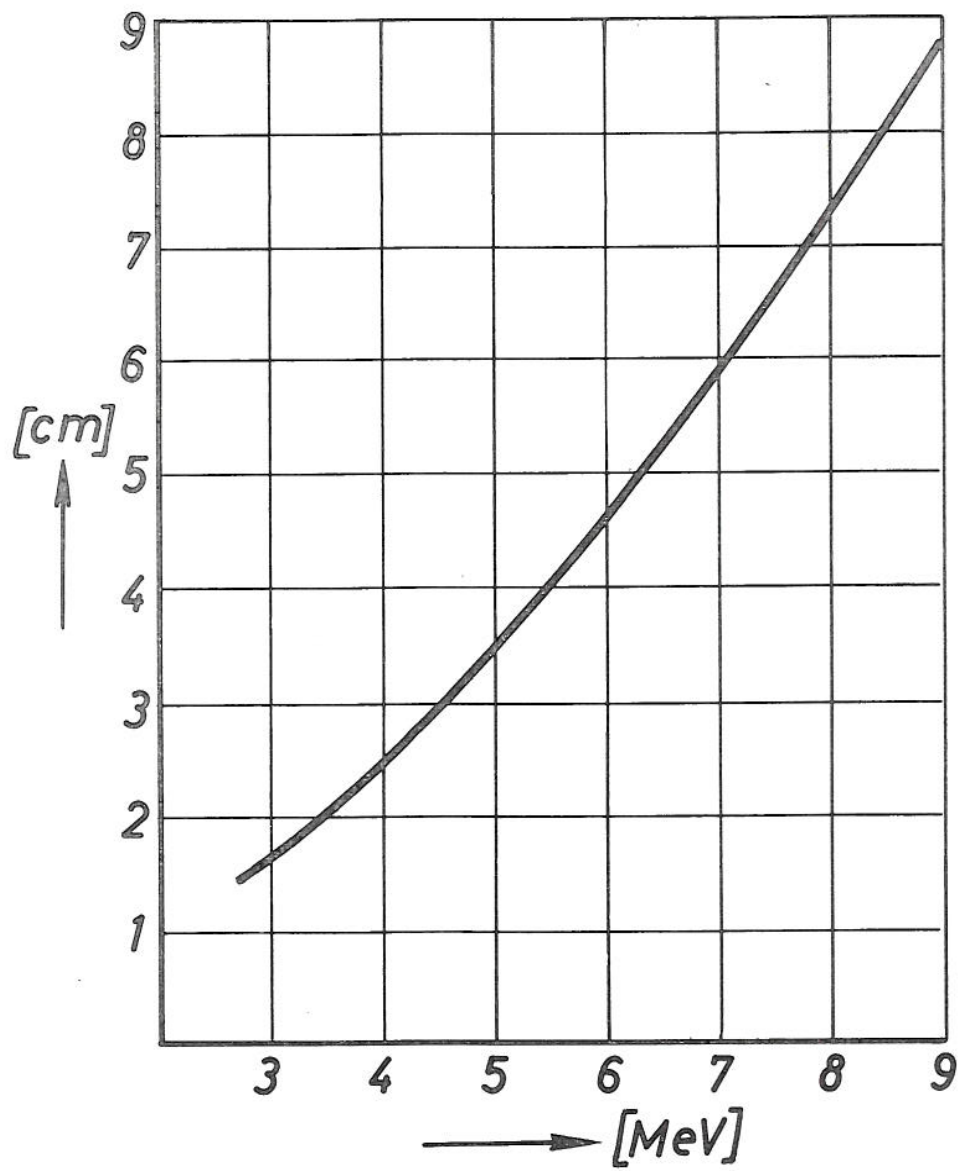


Bild 2 Reichweite von α -Teilchen in Luft bei 15°C und 760 mm Hg

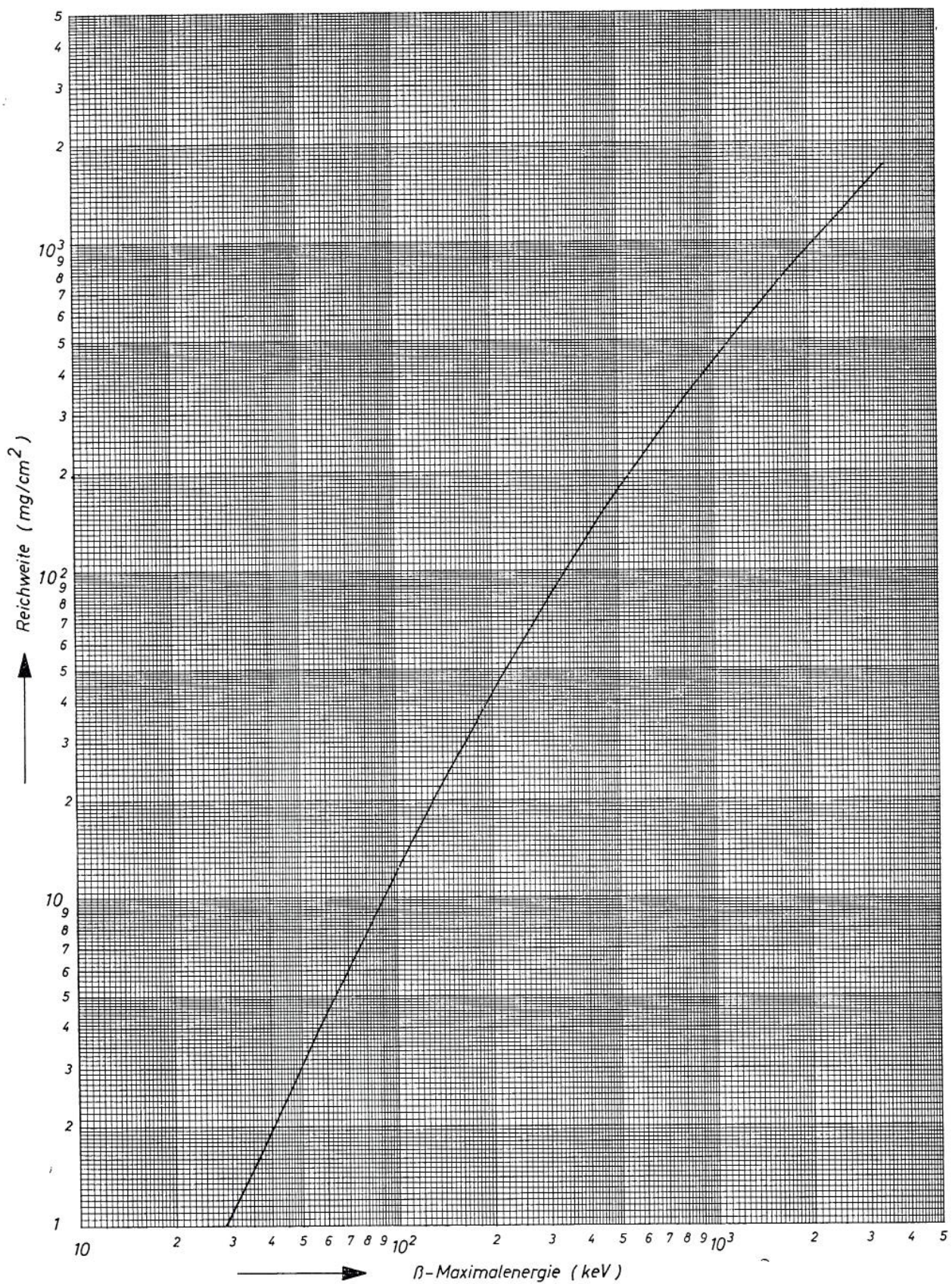


Bild 3 Reichweite von β -Teilchen in Aluminium in Abhängigkeit von der β -Maximalenergie
 [nach A. Flammersfeld, Z. Naturf. 2a, 370 (1947)]

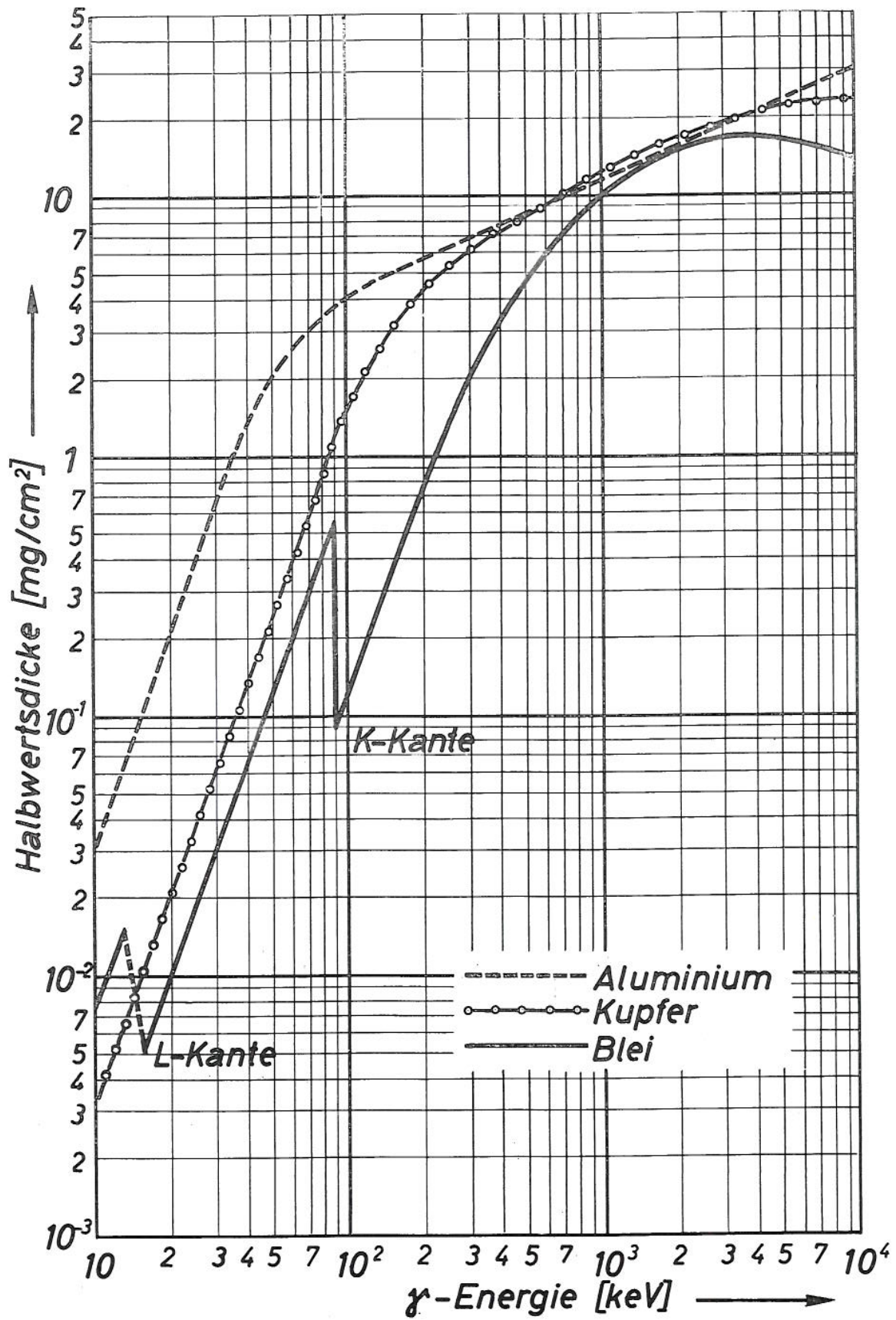


Bild 4 Halbwertsdicke von γ -Strahlen in Aluminium, Kupfer und Blei in Abhängigkeit von der γ -Energie
[berechnet nach R. C. White, NBS—1003]

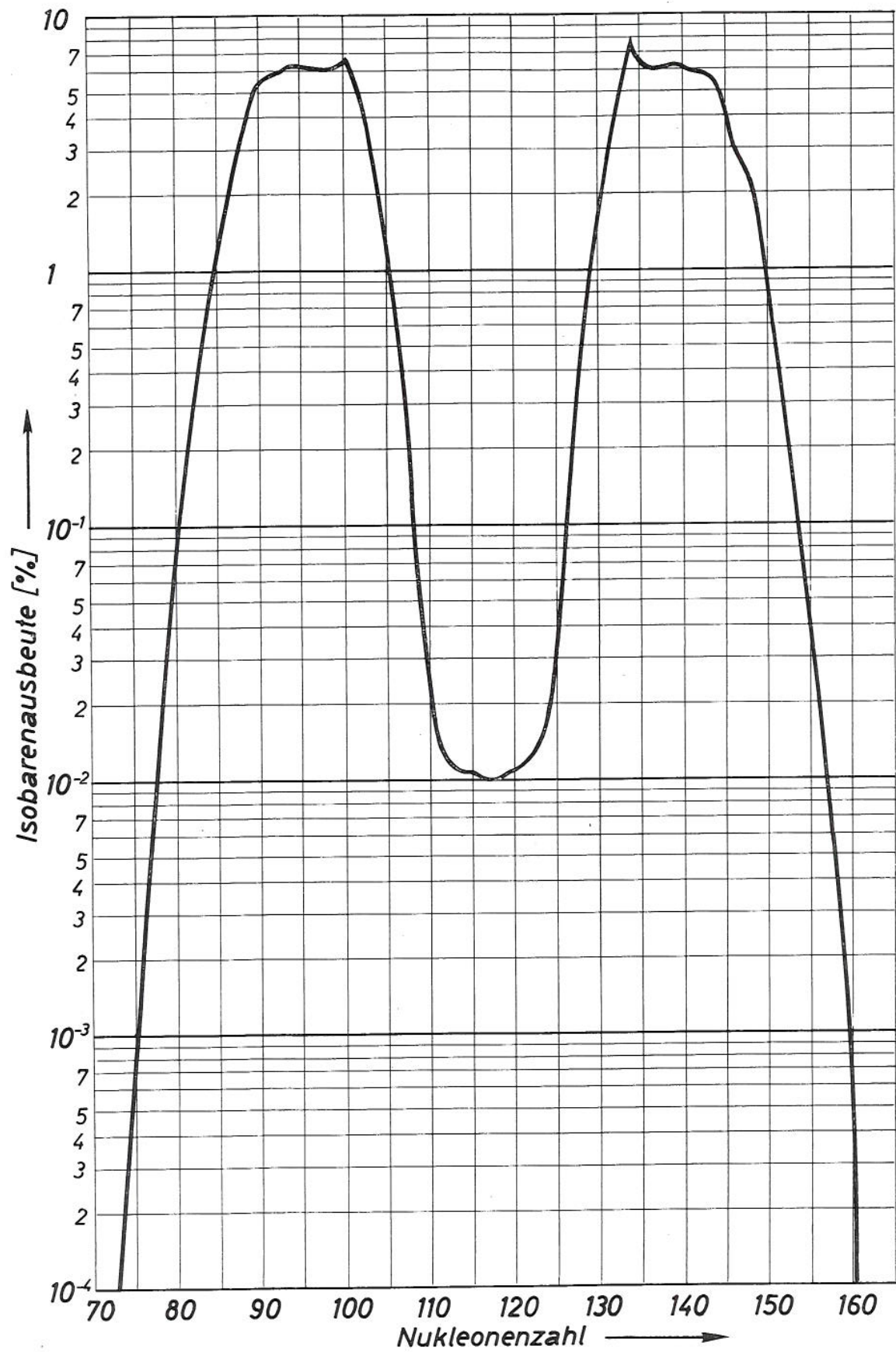


Bild 5 Massenverteilung für die Spaltung von U^{235} mit thermischen Neutronen [nach AECL—1054]

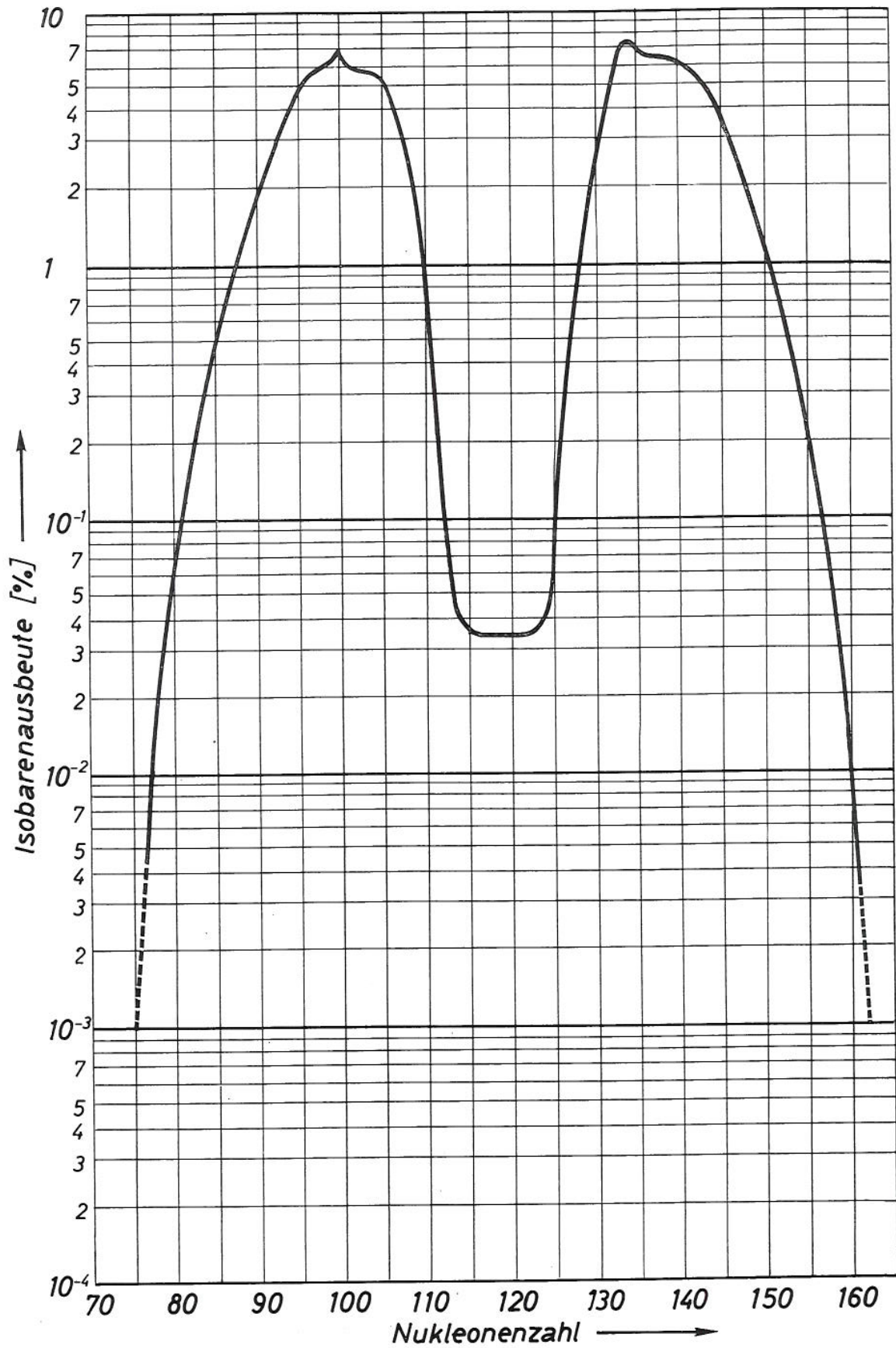


Bild 6 Massenverteilung für die Spaltung von Pu^{239} mit thermischen Neutronen [nach AECL—1054]

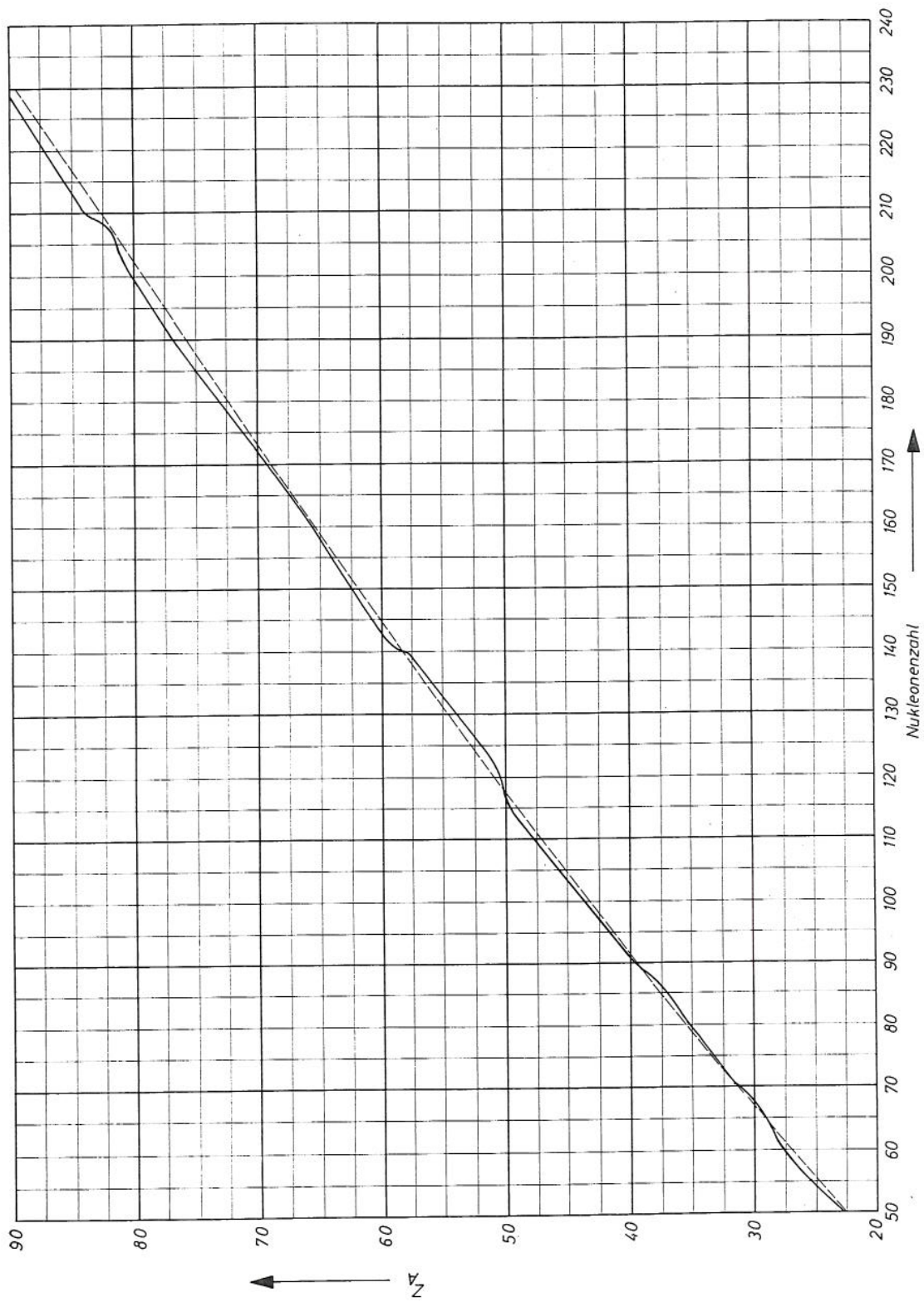


Bild 7 Stabilitätslinie
 — experimentelle Werte [nach der Zusammenstellung von C. D. Coryell, Annual Review of Nuclear Science, Vol. 2, 305 (1953)]
 - - - - - berechnete Werte

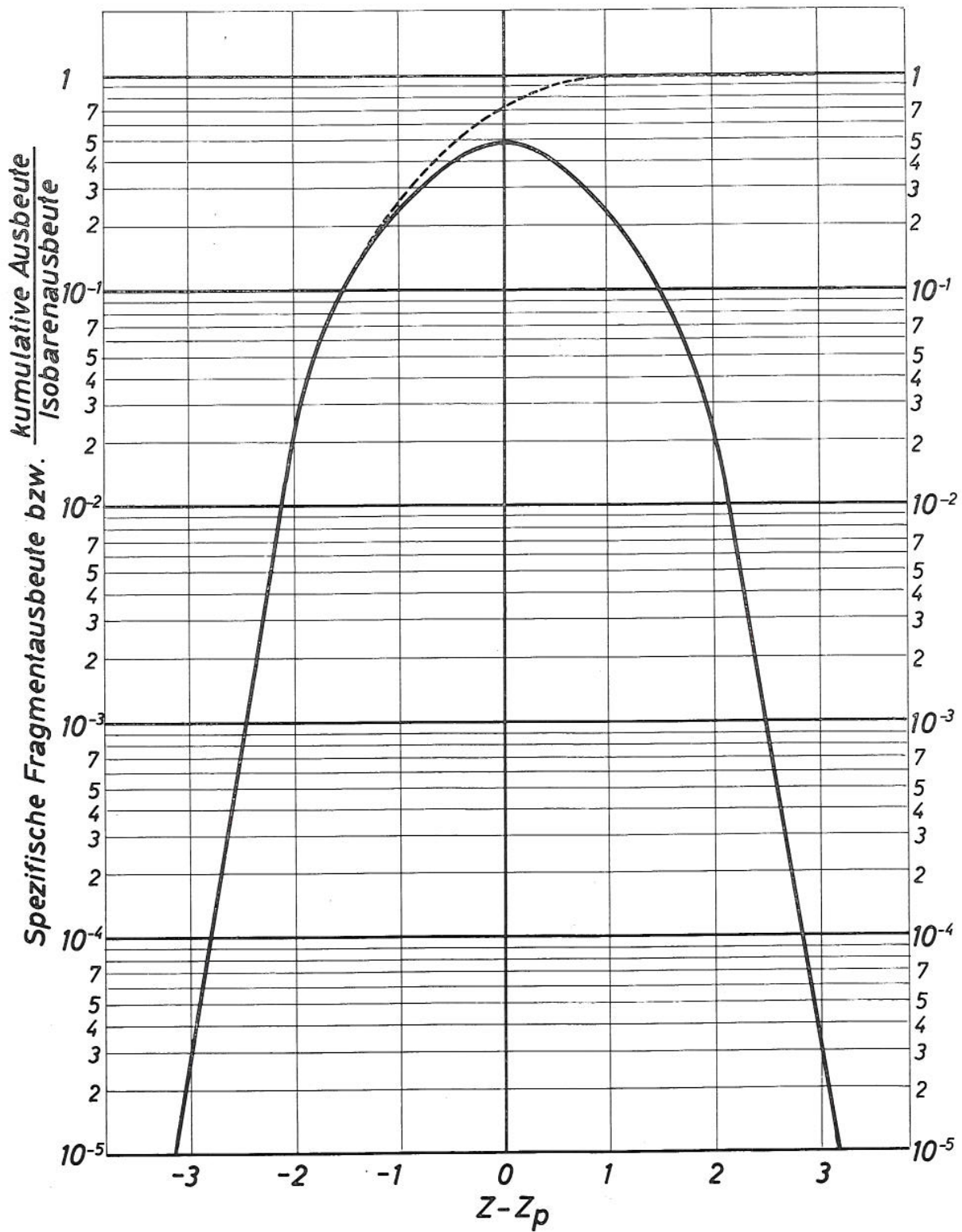


Bild 8 Ladungsverteilung (—) und Abhängigkeit des Quotienten $\frac{\text{kumulative Ausbeute}}{\text{Isobarenausbeute}}$ (---) von $Z - Z_p$ für die Spaltung von U^{235} mit thermischen Neutronen

**Tab. 1 Natürliche Radionuklide mit einer Halbwertszeit
> 10⁸ Jahre**

¹⁹ K ⁴⁰	β ⁻ , K, γ	1,27 · 10 ⁹ a
²³ V ⁵⁰	K	4,8 · 10 ¹⁴ a
³⁷ Rb ⁸⁷	β ⁻	4,7 · 10 ¹⁰ a
⁴⁹ In ¹¹⁵	β ⁻	6 · 10 ¹⁴ a
⁵⁷ La ¹³⁸	K, β ⁻	1,1 · 10 ¹¹ a
⁶⁰ Nd ¹⁴⁴	α	2,4 · 10 ¹⁵ a
⁶² Sm ¹⁴⁷	α	1,2 · 10 ¹¹ a
⁶⁴ Gd ¹⁵²	α	1,1 · 10 ¹⁴ a
⁷¹ Lu ¹⁷⁶	β ⁻ , γ	2,2 · 10 ¹⁰ a
⁷² Hf ¹⁷⁴	α	2 · 10 ¹⁵ a
⁷⁵ Re ¹⁸⁷	β ⁻	6 · 10 ¹⁰ a
⁷⁸ Pt ¹⁹⁰	α	7 · 10 ¹¹ a
⁷⁸ Pt ¹⁹²	α	~ 10 ¹⁵ a
⁸² Pb ²⁰⁴	α	1,4 · 10 ¹⁷ a
⁹⁰ Th ²³²	α, γ	1,39 · 10 ¹⁰ a
⁹² U ²³⁵	α, γ, Sp	7,1 · 10 ⁸ a
⁹² U ²³⁸	α, γ, Sp	4,5 · 10 ⁹ a

Tab. 2 Halbwertszeiten der durch Spontanspaltung zerfallenden Nuklide

Nuklid	partielle Halbwertszeit der spontanen Spaltung	Halbwertszeit	Weitere Zerfalls- arten
⁹² U ²³²	~ 8 · 10 ¹³ a	74 a	α, γ
⁹² U ²³⁴	2 · 10 ¹⁶ a	2,5 · 10 ⁵ a	α, γ
⁹² U ²³⁵	1,9 · 10 ¹⁷ a	7,1 · 10 ⁸ a	α, γ
⁹² U ²³⁶	2 · 10 ¹⁶ a	2,4 · 10 ⁷ a	α, γ
⁹² U ²³⁸	8,0 · 10 ¹⁵ a	4,5 · 10 ⁹ a	α, γ
⁹⁴ Pu ²³⁶	3,5 · 10 ⁹ a	2,85 a	α, γ
⁹⁴ Pu ²³⁸	4,9 · 10 ¹⁰ a	86,4 a	α, γ
⁹⁴ Pu ²³⁹	5,5 · 10 ¹⁵ a	24000 a	α, γ
⁹⁴ Pu ²⁴⁰	1,2 · 10 ¹¹ a	6600 a	α, γ
⁹⁴ Pu ²⁴²	7 · 10 ¹⁰ a	3,8 · 10 ⁵ a	α, γ
⁹⁴ Pu ²⁴⁴	2,5 · 10 ¹⁰ a	~ 7,6 · 10 ⁷ a	α
⁹⁶ Cm ²⁴⁰	7,9 · 10 ⁵ a	27 d	α
⁹⁶ Cm ²⁴²	7,2 · 10 ⁶ a	163 d	α, γ
⁹⁶ Cm ²⁴⁴	1,4 · 10 ⁷ a	17,6 a	α, γ
⁹⁶ Cm ²⁴⁶	2,0 · 10 ⁷ a	5500 a	α
⁹⁶ Cm ²⁴⁸	4,6 · 10 ⁶ a	4,7 · 10 ⁵ a	α
⁹⁶ Cm ²⁵⁰	~ 2 · 10 ⁴ a	~ 2 · 10 ⁴ a	—
⁹⁸ Cf ²⁴⁶	2100 a	36 h	α, γ
⁹⁸ Cf ²⁴⁸	~ 10 ⁴ a	350 d	α
⁹⁸ Cf ²⁴⁹	1,5 · 10 ⁹ a	360 a	α, γ
⁹⁸ Cf ²⁵⁰	~ 1,5 · 10 ⁴ a	10,9 a	α, γ
⁹⁸ Cf ²⁵²	66 a	2,55 a	α, γ
⁹⁸ Cf ²⁵⁴	56 d	56 d	—
⁹⁹ Es ²⁵³	7 · 10 ⁵ a	20,0 d	α, γ
¹⁰⁰ Fm ²⁵⁴	246 d	3,24 h	α, γ
¹⁰⁰ Fm ²⁵⁶	3,1 h	3,1 h	—

Kerne, die vermutlich spontan spalten, bei denen jedoch nur untere Grenzwerte für die Halbwertszeit bekannt sind, wurden nicht aufgenommen.

Tab. 3 Natürliche radioaktive Familien

THORIUM-FAMILIE $A = 4n$									
								<div> <div>Ra 228</div> <div> RaE </div> <div>6,7 a</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Th 232</div> <div> ThA </div> <div>1,39·10¹⁰ a</div> <div>α 100%</div> </div>
								<div> <div>Ac 228</div> <div> AcTh </div> <div>6,13 h</div> <div>β 100%</div> </div>	
		<div> <div>Pb 212</div> <div> ThB </div> <div>10,6 h</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Po 216</div> <div> ThA </div> <div>0,16 s</div> <div>α ~100%</div> <div>β ~0,013%</div> </div>	<div> <div>Rn 220</div> <div> ThC </div> <div>54 s</div> <div>α 100%</div> </div>	<div> <div>Ra 224</div> <div> ThX </div> <div>3,64 d</div> <div>α 100%</div> </div>	<div> <div>Th 228</div> <div> RaTh </div> <div>1,9 a</div> <div>α 100%</div> </div>			
	<div> <div>Tl 208</div> <div> ThC </div> <div>3,1 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Bi 212</div> <div> ThC </div> <div>60,5 m</div> <div>α 36,2%</div> <div>β 63,8%</div> </div>	<div> <div>At 216</div> <div></div> <div>~300 μs</div> <div>α 100%</div> </div>						
		<div> <div>Pb 208</div> <div> ThD </div> <div>stabil</div> </div>	<div> <div>Po 212</div> <div> ThC </div> <div>0,3 μs</div> <div>α 100%</div> </div>						

ACTINIUM-FAMILIE $A = 4n + 3$									
								<div> <div>Th 231</div> <div> PaU </div> <div>25,6 h</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>U 235</div> <div> AcU </div> <div>7,1·10⁸ a</div> <div>α 100%</div> </div>
		<div> <div>Bi 215</div> <div></div> <div>8 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>At 219</div> <div></div> <div>0,9 m</div> <div>α 97%</div> <div>β ~3%</div> </div>	<div> <div>Fr 223</div> <div> AcK </div> <div>22 m</div> <div>α 4·10⁻¹⁰%</div> <div>β ~100%</div> </div>	<div> <div>Ac 227</div> <div> Ac </div> <div>22 a</div> <div>α 1,2%</div> <div>β ~98,8%</div> </div>	<div> <div>Pa 231</div> <div> Pa </div> <div>3,25·10⁴ a</div> <div>α 100%</div> </div>			
	<div> <div>Pb 211</div> <div> AcB </div> <div>36,1 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Po 215</div> <div> AcA </div> <div>1,8 ms</div> <div>α ~100%</div> <div>β ~5·10⁻¹⁰%</div> </div>	<div> <div>Rn 219</div> <div> An </div> <div>3,9 s</div> <div>α 100%</div> </div>	<div> <div>Ra 223</div> <div> AcX </div> <div>11,7 d</div> <div>α 100%</div> </div>	<div> <div>Th 227</div> <div> RaAc </div> <div>18,2 d</div> <div>α 100%</div> </div>				
	<div> <div>Tl 207</div> <div> AcC </div> <div>4,8 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Bi 211</div> <div> AcC </div> <div>2,15 m</div> <div>α 99,68%</div> <div>β ~0,32%</div> </div>	<div> <div>At 215</div> <div></div> <div>~100 μs</div> <div>α 100%</div> </div>						
	<div> <div>Pb 207</div> <div> AcD </div> <div>stabil</div> </div>	<div> <div>Po 211</div> <div> AcC </div> <div>0,52 s</div> <div>α 100%</div> </div>							

URAN-FAMILIE $A = 4n + 2$									
								<div> <div>Th 234</div> <div> UX_1 </div> <div>24,1 d</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>U 238</div> <div> U </div> <div>4,5·10⁹ a</div> <div>α 100%</div> </div>
								<div> <div>Pa 234</div> <div> UX_1 </div> <div>1,2 m</div> <div>β ~99,99%</div> <div>γ 0,15%</div> </div>	<div> <div>U 234</div> <div> UZ </div> <div>2,5·10⁵ a</div> <div>α 100%</div> </div>
	<div> <div>Pb 214</div> <div> RaB </div> <div>26,8 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Po 218</div> <div> RaA </div> <div>3,05 m</div> <div>α 99,98%</div> <div>β ~0,02%</div> </div>	<div> <div>Rn 222</div> <div> Rn </div> <div>3,8 d</div> <div>α 100%</div> </div>	<div> <div>Ra 226</div> <div> Ra </div> <div>1620 a</div> <div>α 100%</div> </div>	<div> <div>Th 230</div> <div> Io </div> <div>8·10⁴ a</div> <div>α 100%</div> </div>				
	<div> <div>Tl 210</div> <div> RaC </div> <div>1,3 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Bi 214</div> <div> RaC </div> <div>19,7 m</div> <div>α 0,04%</div> <div>β ~99,96%</div> </div>	<div> <div>At 218</div> <div></div> <div>1,3 s</div> <div>α 100%</div> </div>						
<div> <div>Hg 206</div> <div></div> <div>5,1 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Pb 210</div> <div> RaD </div> <div>19,4 a</div> <div>α 0,75·10⁻⁴%</div> <div>β ~100%</div> </div>	<div> <div>Po 214</div> <div> RaC </div> <div>160 μs</div> <div>α 100%</div> </div>							
	<div> <div>Tl 206</div> <div> RaE </div> <div>4,3 m</div> <div>β 100%</div> </div>	<div> <div>Bi 210</div> <div> RaE </div> <div>5,0 d</div> <div>α 5·10⁻¹⁰%</div> <div>β ~100%</div> </div>							
	<div> <div>Pb 206</div> <div> RaG </div> <div>stabil</div> </div>	<div> <div>Po 210</div> <div> RaF </div> <div>138,4 d</div> <div>α 100%</div> </div>							

Tab. 4 Werte für $e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ in % von e^{-0} ($t = 0$; „Anfangsaktivität“) und für $1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ in % von $1 - e^{-\infty}$ ($t = \infty$; „Sättigungsaktivität“). t = Zeit, T = Halbwertszeit

$\frac{t}{T}$	$e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$\frac{t}{T}$	$e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$\frac{t}{T}$	$e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %
0,0000	100,000	0,000	0,31	80,66	19,34	0,80	57,44	42,56
0,0001	99,993	0,007	0,32	80,11	19,89	0,81	57,04	42,96
0,0002	99,986	0,014	0,33	79,55	20,45	0,82	56,64	43,36
0,0003	99,979	0,021	0,34	79,00	21,00	0,83	56,25	43,75
0,0004	99,972	0,028	0,35	78,46	21,54	0,84	55,86	44,14
0,0005	99,965	0,035	0,36	77,92	22,08	0,85	55,48	44,52
0,0006	99,958	0,042	0,37	77,38	22,62	0,86	55,09	44,91
0,0007	99,951	0,049	0,38	76,84	23,16	0,87	54,71	45,29
0,0008	99,945	0,055	0,39	76,31	23,69	0,88	54,34	45,66
0,0009	99,938	0,062	0,40	75,79	24,21	0,89	53,88	46,12
0,001	99,93	0,07	0,41	75,26	24,74	0,90	53,59	46,41
0,002	99,86	0,14	0,42	74,74	25,26	0,91	53,22	46,78
0,003	99,79	0,21	0,43	74,23	25,77	0,92	52,85	47,15
0,004	99,72	0,28	0,44	73,71	26,29	0,93	52,49	47,51
0,005	99,64	0,36	0,45	73,20	26,80	0,94	52,12	47,88
0,006	99,58	0,42	0,46	72,70	27,30	0,95	51,76	48,24
0,007	99,52	0,48	0,47	72,20	27,80	0,96	51,41	48,59
0,008	99,46	0,54	0,48	71,70	28,30	0,97	51,05	48,95
0,009	99,39	0,61	0,49	71,20	28,80	0,98	50,70	49,30
0,01	99,31	0,69	0,50	70,71	29,29	0,99	50,35	49,65
0,02	98,62	1,38	0,51	70,22	29,78	1,00	50,00	50,00
0,03	97,94	2,06	0,52	69,74	30,26	1,02	49,31	50,69
0,04	97,26	2,74	0,53	69,26	30,74	1,04	48,63	51,37
0,05	96,59	3,41	0,54	68,78	31,22	1,06	47,96	52,04
0,06	95,93	4,07	0,55	68,30	31,70	1,08	47,30	52,70
0,07	95,26	4,74	0,56	67,83	32,17	1,10	46,65	53,35
0,08	94,61	5,39	0,57	67,36	32,64	1,12	46,01	53,99
0,09	93,95	6,05	0,58	66,90	33,10	1,14	45,28	54,72
0,10	93,30	6,70	0,59	66,43	33,57	1,16	44,75	55,25
0,11	92,66	7,34	0,60	65,97	34,03	1,18	44,13	55,87
0,12	92,02	7,98	0,61	65,52	34,48	1,20	43,53	56,47
0,13	91,38	8,62	0,62	65,07	34,93	1,22	42,93	57,07
0,14	90,75	9,25	0,63	64,62	35,38	1,24	42,34	57,66
0,15	90,13	9,87	0,64	64,17	35,83	1,26	41,75	58,25
0,16	89,50	10,50	0,65	63,73	36,27	1,28	41,18	58,82
0,17	88,88	11,12	0,66	63,29	36,71	1,30	40,61	59,39
0,18	88,27	11,73	0,67	62,85	37,15	1,32	40,05	59,95
0,19	87,66	12,34	0,68	62,42	37,58	1,34	39,50	60,50
0,20	87,05	12,95	0,69	61,99	38,01	1,36	38,96	61,04
0,21	86,45	13,55	0,70	61,56	38,44	1,38	38,42	61,58
0,22	85,86	14,14	0,71	61,13	38,87	1,40	37,89	62,11
0,23	85,26	14,74	0,72	60,71	39,29	1,42	37,37	62,63
0,24	84,67	15,33	0,73	60,29	39,71	1,44	36,85	63,15
0,25	84,09	15,91	0,74	59,87	40,13	1,46	36,35	63,65
0,26	83,51	16,49	0,75	59,46	40,54	1,48	35,85	64,15
0,27	82,93	17,07	0,76	59,05	40,95	1,50	35,36	64,64
0,28	82,36	17,64	0,77	58,64	41,36	1,52	34,87	65,13
0,29	81,79	18,21	0,78	58,24	41,76	1,54	34,39	65,61
0,30	81,22	18,78	0,79	57,83	42,17	1,56	33,91	66,09

Tab. 4 Fortsetzung

$\frac{t}{T}$	$e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$\frac{t}{T}$	$e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$\frac{t}{T}$	$e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %	$1 - e^{-\frac{t}{T} \ln 2}$ %
1,58	33,45	66,55	2,44	18,43	81,57	3,80	7,18	92,82
1,60	32,99	67,01	2,45	18,30	81,70	3,85	6,93	93,07
1,62	32,53	67,47	2,46	18,17	81,83	3,90	6,70	93,30
1,64	32,09	67,91	2,48	17,92	82,08	3,95	6,47	93,53
1,66	31,64	68,36	2,50	17,68	82,32	4,00	6,25	93,75
1,68	31,21	68,79	2,52	17,44	82,56	4,10	5,83	94,17
1,70	30,78	69,22	2,54	17,19	82,81	4,20	5,44	94,56
1,72	30,35	69,65	2,55	17,08	82,92	4,30	5,08	94,92
1,74	29,94	70,06	2,56	16,96	83,04	4,40	4,74	95,26
1,75	29,73	70,27	2,58	16,73	83,27	4,50	4,42	95,58
1,76	29,53	70,47	2,60	16,49	83,51	4,60	4,12	95,88
1,78	29,12	70,88	2,62	16,27	83,73	4,70	3,85	96,15
1,80	28,72	71,28	2,64	16,04	83,96	4,80	3,59	96,41
1,82	28,32	71,68	2,65	15,93	84,07	4,90	3,35	96,65
1,84	27,93	72,07	2,66	15,82	84,18	5,00	3,12	96,88
1,85	27,74	72,26	2,68	15,60	84,40	5,10	2,92	97,08
1,86	27,61	72,39	2,70	15,39	84,61	5,20	2,72	97,28
1,88	27,17	72,83	2,72	15,18	84,82	5,30	2,54	97,46
1,90	26,79	73,21	2,74	14,97	85,03	5,40	2,37	97,63
1,92	26,43	73,57	2,75	14,87	85,13	5,50	2,21	97,79
1,94	26,06	73,94	2,76	14,76	85,24	5,60	2,06	97,94
1,95	25,88	74,12	2,78	14,56	85,44	5,70	1,92	98,08
1,96	25,70	74,30	2,80	14,36	85,64	5,80	1,79	98,21
1,98	25,35	74,65	2,82	14,16	85,84	5,90	1,67	98,33
2,00	25,00	75,00	2,84	13,97	86,03	6,00	1,56	98,44
2,02	24,66	75,34	2,85	13,87	86,13	6,20	1,36	98,64
2,04	24,32	75,68	2,86	13,77	86,23	6,40	1,18	98,82
2,05	24,15	75,85	2,88	13,58	86,42	6,60	1,03	98,97
2,06	23,98	76,02	2,90	13,40	86,60	6,80	0,90	99,10
2,08	23,65	76,35	2,92	13,21	86,79	7,00	0,78	99,22
2,10	23,33	76,67	2,94	13,03	86,97	7,20	0,68	99,32
2,12	23,00	77,00	2,95	12,94	87,06	7,40	0,59	99,41
2,14	22,69	77,31	2,96	12,85	87,15	7,60	0,52	99,48
2,15	22,53	77,47	2,98	12,67	87,33	7,80	0,45	99,55
2,16	22,38	77,62	3,00	12,50	87,50	8,00	0,39	99,61
2,18	22,07	77,93	3,05	12,07	87,93	8,20	0,34	99,66
2,20	21,76	78,24	3,10	11,66	88,34	8,40	0,30	99,70
2,22	21,46	78,54	3,15	11,27	88,73	8,60	0,26	99,74
2,24	21,17	78,83	3,20	10,88	89,12	8,80	0,22	99,78
2,25	21,02	78,98	3,25	10,51	89,49	9,00	0,20	99,80
2,26	20,88	79,12	3,30	10,15	89,85	9,20	0,17	99,83
2,28	20,59	79,41	3,35	9,81	90,19	9,40	0,15	99,85
2,30	20,31	79,69	3,40	9,48	90,52	9,60	0,13	99,87
2,32	20,03	79,97	3,45	9,15	90,85	9,80	0,11	99,89
2,34	19,75	80,25	3,50	8,84	91,16	10,00	0,10	99,90
2,35	19,61	80,39	3,55	8,54	91,46	10,50	0,07	99,93
2,36	19,48	80,52	3,60	8,25	91,75	11,00	0,05	99,95
2,38	19,21	80,79	3,65	7,97	92,03	11,50	0,04	99,96
2,40	18,95	81,05	3,70	7,70	92,30	12,00	0,02	99,98
2,42	18,69	81,31	3,75	7,43	92,57	13,00	0,01	99,99

Tab. 5 Spaltprodukte, die bei der Spaltung von U^{235} mit thermischen Neutronen gebildet werden

Isobaren- Ausbeute total chain yield in %	Fragment- Ausbeute independent yield in %	Z	Element	Fragment- Ausbeute independent yield in %	Z	Element	Fragment- Ausbeute independent yield in %	Isobaren- Ausbeute total chain yield in %
0,0001		70	Zn		117	Dy		0,010
0,0003		71	Ga		118	Tb		0,010
0,001		72	Ge		119	Gd		0,011
0,003		73	As		120	Eu		0,011
0,01		74	Se		121	Sm		0,012
0,020		75	Br		122	Pm		0,013
0,035		76	Kr		123	Nd		0,014
0,06		77	Se		124	Pr		0,017
0,13		78	Br		125	Ce		0,036
0,28		79	Kr		126	Ba		0,10
0,57		80	Se		127	Xe		0,25
1,05		81	Br		128	J		0,50
1,3		82	Kr		129	Te		1,00
2,0		83	Se		130	Sb		2,0
2,5		84	Br		131	Sn		2,9
3,6		85	Kr		132	Te		4,3
4,8		86	Se		133	Sb		6,5
5,8		87	Br		134	Te		8,0
5,8		88	Kr		135	Xe		6,4
6,0		89	Se		136	Cs		6,4
6,4		90	Br		137	Ba		6,0
		91	Kr		138	Xe		5,8
		92	Se		139	Cs		6,4
		93	Br		140	Ba		6,4

6,4	Y 5,4 Zr 6,40	Zr 10	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	Stand 1960	Literatur: Klotz, Nucleonics 19, 201 (1960); Nuclear Data Sheets, National Research Council, Washington D. C. AECL-1054 (Isobarenbreite)
6,4	Zr 6,2 Mo 6,27																											
6,3	Zr 6,33	Nb 3,8 · 10 ⁻⁵																									Z	Zn Ga Ge As Se Br Kr Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te J Xe Cs Ba La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Z
6,2	Zr 5,9 Mo 6,09																											
5,8	Mo 5,78 Nb 6,4 · 10 ⁻²																											
6,3	Mo 6,06																											
6,4	Mo 6,30																											
5,0	Mo 5,6 Ru 5,0																											
4,1	Mo 4,3 Ru 4,1																											
2,9	Ru 3,0																											
1,8	Ru 1,8																											
0,85	Ru 0,9																											
0,38	Ru 0,38																											
0,18	Rh 0,19																											
0,09																												
0,04	Pd 0,030																											
0,021																												
0,015	Ag 1,9 · 10 ⁻²																											
0,013	Pd 1,0 · 10 ⁻²																											
0,012																												
0,011																												
0,011	Ag 7,7 · 10 ⁻³ Cd 0,7 · 10 ⁻³ Cd 9,7 · 10 ⁻³																											
0,011																												
0,010	Cd 1,1 · 10 ⁻²																											

Tab. 6 Allgemeine Konstanten

Nach G. Hertz: Lehrbuch der Kernphysik; 1. Auflage 1961, Verlag W. Dausien, Hanau

Curie	c	$3,7 \cdot 10^{10}$ Zerfälle sec^{-1}
Elektronenvolt	ev	$1,6021 \cdot 10^{-12}$ erg
barn	b	10^{-24} cm^2
Atomkonstanten		
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c	$(2,997929 \pm 0,000002) \cdot 10^{10}$ cm sec^{-1}
Elementarladung	e	$(4,80273 \pm 0,00009) \cdot 10^{-10}$ estE $(1,60202 \pm 0,00003) \cdot 10^{-19}$ C
Plancksches Wirkungsquantum	h	$(6,62491 \pm 0,00023) \cdot 10^{-27}$ erg sec
	$\hbar = \frac{h}{2\pi}$	$(1,05439 \pm 0,00004) \cdot 10^{-27}$ erg sec
Bohrsches Magneton	$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c}$	$(9,2727 \pm 0,0004) \cdot 10^{-21}$ erg Gauß $^{-1}$
Kernmagneton	$\mu_K = \frac{e\hbar}{2m_p c}$	$(5,05020 \pm 0,00020) \cdot 10^{-24}$ erg Gauß $^{-1}$
Elektron		
Ruhemasse	m_e	$(9,1082 \pm 0,0003) \cdot 10^{-28}$ g $(5,48771 \pm 0,00006) \cdot 10^{-4}$ ME $(0,510985 \pm 0,000007)$ MeV
spezifische Ladung	$\frac{e}{m_e}$	$(5,27297 \pm 0,00007) \cdot 10^{17}$ estE g^{-1} $(1,75888 \pm 0,00002) \cdot 10^8$ C g^{-1}
klassischer Elektronenradius	$r_e = \frac{e^2}{m_e c^2}$	$(2,81774 \pm 0,00004) \cdot 10^{-13}$ cm
magnetisches Moment	μ_e	$(9,2834 \pm 0,0002) \cdot 10^{-21}$ erg Gauß $^{-1}$
Comptonwellenlänge	$\lambda_{C,e}$	$(2,42620 \pm 0,00005) \cdot 10^{-10}$ cm
Proton		
Ruhemasse	m_p	$(1,672353 \pm 0,000003) \cdot 10^{-24}$ g $(1,0075963 \pm 0,0000002)$ ME $(938,2129 \pm 0,0002)$ MeV
	$\frac{m_p}{m_e}$	$(1836,10 \pm 0,02)$
spezifische Ladung	$\frac{e}{m_p}$	$(2,87184 \pm 0,00007) \cdot 10^{14}$ estE g^{-1} $(9,57941 \pm 0,00002) \cdot 10^4$ C g^{-1}
magnetisches Moment	μ_p	$(1,41040 \pm 0,00004) \cdot 10^{-23}$ erg Gauß $^{-1}$
Comptonwellenlänge	$\lambda_{C,p}$	$(1,32139 \pm 0,00002) \cdot 10^{-13}$ cm
Neutron		
Ruhemasse	m_n	$(1,67466 \pm 0,00002) \cdot 10^{-24}$ g $(1,0089830 \pm 0,0000017)$ ME $(939,504 \pm 0,002)$ MeV
	$\frac{m_n}{m_e}$	$(1838,62 \pm 0,02)$
magnetisches Moment	μ_n	$(-0,96617 \pm 0,00004) \cdot 10^{-23}$ erg Gauß $^{-1}$
Comptonwellenlänge	$\lambda_{C,n}$	$(1,31957 \pm 0,00005) \cdot 10^{-13}$ cm
1 eV		$1,6021 \cdot 10^{-12}$ erg

Tab. 6 Fortsetzung

Deuteron (Deuteriumkern)

Ruhemasse	m_d	$(3,343049 \pm 0,000009) \cdot 10^{-24} \text{ g}$ $(2,0141937 \pm 0,0000006) \text{ ME}$ $(1875,4966 \pm 0,0007) \text{ MeV}$
spezifische Ladung	$\frac{e}{m_d}$	$(1,43663 \pm 0,00004) \cdot 10^{14} \text{ estE g}^{-1}$ $(4,79208 \pm 0,00002) \cdot 10^4 \text{ C g}^{-1}$

α -Teilchen

Ruhemasse	m_α	$(6,64359 \pm 0,00018) \cdot 10^{-24} \text{ g}$ $(4,0027755 \pm 0,0000010) \text{ ME}$ $(3727,145 \pm 0,001) \text{ MeV}$
spezifische Ladung	$\frac{2e}{m_\alpha}$	$(1,44582 \pm 0,00005) \cdot 10^{14} \text{ estE g}^{-1}$ $(4,82274 \pm 0,00016) \cdot 10^4 \text{ C g}^{-1}$

Wasserstoffatom

Masse	m_H	$(1,673264 \pm 0,000003) \cdot 10^{-24} \text{ g}$ $(1,0081451 \pm 0,0000002) \text{ ME}$ $(938,7241 \pm 0,0002) \text{ MeV}$
Radius der 1. Bohrschen Bahn		$(5,29165 \pm 0,00002) \cdot 10^{-9} \text{ cm}$

Konstanten der Thermodynamik

Avogadrosche Zahl	$n^* = \frac{N_L}{V_0}$	$(2,68726 \pm 0,00010) \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
Loschmidtsche Zahl	N_L	$(6,02502 \pm 0,00016) \cdot 10^{23} \text{ mol}_{ph}^{-1}$ $(6,02336 \pm 0,00020) \cdot 10^{23} \text{ mol}_{ch}^{-1}$
Universelle Gaskonstante	R_0	$(8,31696 \pm 0,00034) \cdot 10^7 \text{ erg } ^\circ\text{K}^{-1} \text{ mol}_{ph}^{-1}$
Boltzmann-Konstante	$k = \frac{R_0}{N_L}$	$(1,38040 \pm 0,00007) \cdot 10^{-16} \text{ erg } ^\circ\text{K}^{-1}$
Molvolumen eines idealen Gases unter Normalbedingungen	V_0	$(22420,7 \pm 0,6) \text{ cm}^3 \text{ mol}_{ph}^{-1}$ $(22414,5 \pm 0,7) \text{ cm}^3 \text{ mol}_{ch}^{-1}$
Faraday-Konstante	F	$(2,89366 \pm 0,00003) \cdot 10^{14} \text{ estE val}_{ph}^{-1}$ $(2,89286 \pm 0,00005) \cdot 10^{14} \text{ estE val}_{ch}^{-1}$ $(9,64953 \pm 0,00016) \cdot 10^4 \text{ C val}_{ch}^{-1}$
Verhältnis $\frac{\text{physikalisches Atomgewicht}}{\text{chemisches Atomgewicht}}$		1,000275

Zahlenkonstanten

π	3,141593
e	2,718282
$\log e$	0,434294
$\ln 2$	0,693147
$\ln 10$	2,302585

Tab. 7 Umrechnungstabellen

7.1 Längenmaße

$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} = 10 \text{ mm} = 10^4 \mu (\text{mikron}) = 10^7 \text{ m}\mu = 10^8 \text{ \AA}$
 $1 \text{ inch} = 10^3 \text{ mil} = 1/12 \text{ foot} = 1/36 \text{ yard}$
 $1 \text{ inch USA} = 1,000003 \text{ inch British}$

	cm	inch USA	foot USA
cm	1	0,3937012	$3,280833 \cdot 10^{-2}$
inch USA	2,540005	1	$8,3 \cdot 10^{-2}$
foot USA	30,48006	12	1

7.2 Flächenmaße

$1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^2 \text{ mm}^2$
 $1 \text{ square inch} = 1/144 \text{ square foot} = 1/1296 \text{ square yard}$
 $1 \text{ square inch USA} = 1,000006 \text{ square inch British}$

	cm ²	square inch USA	square foot USA
cm ²	1	$1,549997 \cdot 10^{-1}$	$1,076387 \cdot 10^{-3}$
square inch USA	6,451625	1	$6,94 \cdot 10^{-3}$
square foot USA	929,0341	144	1

7.3 Raummaße

$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 = 10^3 \text{ mm}^3 = 1,000027 \text{ ml} = 1,000027 \cdot 10^{-3} \text{ l}$
 $1 \text{ cubic inch} = 1/1728 \text{ cubic foot} = 1/15552 \text{ cubic yard}$
 $1 \text{ cubic inch USA} = 1,000008 \text{ cubic inch British}$

	cm ³	cubic inch USA	cubic foot USA
cm ³	1	$6,102339 \cdot 10^{-2}$	$3,531446 \cdot 10^{-5}$
cubic inch USA	16,38716	1	$5,78703 \cdot 10^{-4}$
cubic foot USA	$2,831702 \cdot 10^4$	1728	1

7.4 Hohlmaße

$1 \text{ ml} = 10^{-3} \text{ l} = 0,999973 \text{ cm}^3$
 $1 \text{ gallon} = 4 \text{ quarts} = 8 \text{ pints (Flüssigkeitsmaß)}$
 $1 \text{ pint USA} = 0,8326574 \text{ pint British}$

	ml	pint USA	gallon USA
ml	1	$2,113421 \cdot 10^{-3}$	$2,641776 \cdot 10^{-4}$
pint USA	473,1665	1	0,125
gallon USA	$3,785332 \cdot 10^3$	8	1

7.5 Gewichte

$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg} = 10^3 \text{ mg} = 10^6 \mu = 5 \text{ Karat}$
 $1 \text{ pound} = 16 \text{ ounces}$

	g	ounce	pound
g	1	$3,527315 \cdot 10^{-2}$	$2,204622 \cdot 10^{-3}$
ounce	28,34953	1	$6,25 \cdot 10^{-2}$
pound	453,5924	16	1

7.6 Dichte

$1 \text{ g/cm}^3 = 0,999973 \text{ g/ml}$

	g/cm ³	$\frac{\text{pound}}{\text{cubic inch}}$	$\frac{\text{pound}}{\text{cubic foot}}$
g/cm ³	1	$3,6127 \cdot 10^{-2}$	62,427
$\frac{\text{pound}}{\text{cubic inch}}$	27,680	1	$1,728 \cdot 10^3$
$\frac{\text{pound}}{\text{cubic foot}}$	$1,6018 \cdot 10^{-2}$	$5,787 \cdot 10^{-4}$	1

7.7 Druck

	Torr NB	mb	mm H ₂ O Säule (bei 4° C und 1 Atm)	at	Atm (phys.)	pound square inch	pound square foot
Torr NB	1	1,3332	13,595	$1,3595 \cdot 10^{-3}$	$1,3158 \cdot 10^{-3}$	$1,9337 \cdot 10^{-2}$	2,7845
mb	0,75006	1	10,197	$1,0197 \cdot 10^{-3}$	$9,8692 \cdot 10^{-4}$	$1,4504 \cdot 10^{-2}$	2,0885
mm H ₂ O Säule (bei 4° C und 1 Atm)	$7,3554 \cdot 10^{-2}$	$9,8064 \cdot 10^{-2}$	1	$9,9997 \cdot 10^{-5}$	$9,6782 \cdot 10^{-5}$	$1,4223 \cdot 10^{-3}$	0,20481
at	$7,3556 \cdot 10^2$	$9,8067 \cdot 10^2$	$1,00003 \cdot 10^4$	1	0,96784	14,224	$2,0482 \cdot 10^3$
Atm (phys.)	760	$1,0133 \cdot 10^3$	$1,0333 \cdot 10^4$	1,0332	1	14,696	$2,1162 \cdot 10^3$
pound square inch	51,715	68,947	$7,0308 \cdot 10^2$	$7,0306 \cdot 10^{-2}$	$6,8046 \cdot 10^{-2}$	1	144
pound square foot	0,35913	0,47880	4,8825	$4,8824 \cdot 10^{-4}$	$4,7254 \cdot 10^{-4}$	$6,94 \cdot 10^{-3}$	1

NB = Normalbedingungen

7.8 Zeit

	Sekunden	Minuten	Stunden	Tage	Jahre
Sekunden	1	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$1,15740 \cdot 10^{-5}$	$3,170979 \cdot 10^{-8}$
Minuten	60	1	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$6,94 \cdot 10^{-4}$	$1,902588 \cdot 10^{-6}$
Stunden	3600	60	1	$4,16 \cdot 10^{-2}$	$1,141553 \cdot 10^{-4}$
Tage	86400	1440	24	1	$2,739726 \cdot 10^{-3}$
Jahre	$3,1536 \cdot 10^7$	$5,256 \cdot 10^5$	8760	365	1

7.9 Elektrische Größen

	Coulomb Asec	emE	estE	1 μ Ah	element. Ladungs- einheiten eV
Coulomb Asec	1	0,1	$2,9980 \cdot 10^9$	$2,7 \cdot 10^2$	$6,2418 \cdot 10^{18}$
emE	10	1	$2,9980 \cdot 10^{10}$	$2,7 \cdot 10^3$	$6,2418 \cdot 10^{19}$
estE	$3,3356 \cdot 10^{-10}$	$3,3356 \cdot 10^{-11}$	1	$9,2656 \cdot 10^{-9}$	$2,0820 \cdot 10^9$
1 μ Ah	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,0793 \cdot 10^7$	1	$2,2471 \cdot 10^{16}$
elementare Ladungs- einheiten eV	$1,6021 \cdot 10^{-19}$	$1,6021 \cdot 10^{-20}$	$4,8029 \cdot 10^{-10}$	$4,4503 \cdot 10^{-17}$	1

7.10 Energie

	erg	Joule abs.	kcal 15°	kWh abs.	g	MeV	ME
erg	1	10^{-7}	$2,3892 \cdot 10^{-11}$	$2,7 \cdot 10^{-14}$	$1,1126 \cdot 10^{-21}$	$6,2418 \cdot 10^5$	670,33
Joule abs.	10^7	1	$2,3892 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$1,1126 \cdot 10^{-14}$	$6,2418 \cdot 10^{12}$	$6,7033 \cdot 10^9$
kcal 15°	$4,1855 \cdot 10^{10}$	$4,1855 \cdot 10^3$	1	$1,1626 \cdot 10^{-3}$	$4,6570 \cdot 10^{-11}$	$2,6125 \cdot 10^{16}$	$2,8057 \cdot 10^{13}$
kWh abs.	$3,6 \cdot 10^{13}$	$3,6 \cdot 10^6$	860,11	1	$4,0055 \cdot 10^{-8}$	$2,2471 \cdot 10^{19}$	$2,4132 \cdot 10^{16}$
g	$8,9876 \cdot 10^{20}$	$8,9876 \cdot 10^{13}$	$2,1473 \cdot 10^{10}$	$2,4966 \cdot 10^7$	1	$5,6099 \cdot 10^{26}$	$6,0247 \cdot 10^{23}$
MeV	$1,6021 \cdot 10^{-6}$	$1,6021 \cdot 10^{-13}$	$3,8277 \cdot 10^{-17}$	$4,4503 \cdot 10^{-20}$	$1,7826 \cdot 10^{-27}$	1	$1,0739 \cdot 10^{-3}$
ME	$1,4918 \cdot 10^{-3}$	$1,4918 \cdot 10^{-10}$	$3,5642 \cdot 10^{-14}$	$4,1439 \cdot 10^{-17}$	$1,6598 \cdot 10^{-24}$	931,15	1

7.11 Leistung

	erg/sec	Watt	mkg/sec	PS	kcal/sec (15°)	MeV/sec
erg/sec	1	10^{-7}	$1,0197 \cdot 10^{-8}$	$1,3596 \cdot 10^{-10}$	$2,3892 \cdot 10^{-11}$	$6,2418 \cdot 10^5$
Watt	10^7	1	0,10197	$1,3596 \cdot 10^{-3}$	$2,3892 \cdot 10^{-4}$	$6,2418 \cdot 10^{12}$
mkg/sec	$9,8067 \cdot 10^7$	9,8067	1	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$2,3430 \cdot 10^{-3}$	$6,1211 \cdot 10^{13}$
PS	$7,355 \cdot 10^9$	$7,355 \cdot 10^2$	75	1	0,17573	$4,5909 \cdot 10^{15}$
kcal/sec (15°)	$4,1855 \cdot 10^{10}$	$4,1855 \cdot 10^3$	$4,2680 \cdot 10^2$	5,6907	1	$2,6125 \cdot 10^{16}$
MeV/sec	$1,6021 \cdot 10^{-6}$	$1,6021 \cdot 10^{-13}$	$1,6337 \cdot 10^{-14}$	$2,1782 \cdot 10^{-16}$	$3,8277 \cdot 10^{-17}$	1

7.12 Wirkung

	erg · sec	Joule (abs.) · sec	kcal · sec	MeV · sec
erg · sec	1	10^{-7}	$2,3892 \cdot 10^{-11}$	$6,2418 \cdot 10^5$
Joule (abs.) · sec	10^7	1	$2,3892 \cdot 10^{-4}$	$6,2418 \cdot 10^{12}$
kcal · sec	$4,1855 \cdot 10^{10}$	$4,1855 \cdot 10^3$	1	$2,6125 \cdot 10^{16}$
MeV · sec	$1,6021 \cdot 10^{-6}$	$1,6021 \cdot 10^{-13}$	$3,8277 \cdot 10^{-17}$	1

7.13 Temperatur

Umrechnung in °C	es entsprechen	Umrechnung in °F
$\frac{5}{9} (x - 32) ^\circ \text{C}$	x Grad Fahrenheit °F	x °F
x °C	x Grad Celsius °C	$\frac{9}{5} x + 32 ^\circ \text{F}$
$x - 273,16 ^\circ \text{C}$	x Grad Kelvin °K	$\frac{9}{5} (x - 273,16) + 32 ^\circ \text{F}$
$\frac{5}{4} x ^\circ \text{C}$	x Grad Réaumur °R	$\frac{9}{4} x + 32 ^\circ \text{F}$

Tab. 8 Liste der Elemente, Atomgewichte und Dichten

Die Atomgewichte wurden aus der Zeitschrift "The Analyst" 86, 276 (1961) entnommen. Sie stammen von der 20. Conference of the International Union of Pure and Applied Chemistry 1959. Die Dichten wurden dem Handbuch des Chemikers, Band II, VEB Verlag Technik Berlin 1957 entnommen. Sind die Werte nicht für 20° C angegeben, so steht die Temperatur als Index. NB = Normalbedingungen.

Element	Symbol	Ladungs- zahl (Ordnungs- zahl)	Atom- gewicht	Dichte (20° C)	Element	Symbol	Ladungs- zahl (Ordnungs- zahl)	Atom- gewicht	Dichte (20° C)
Actinium	Ac	89	—	—	Natrium	Na	11	22,991	0,97
Aluminium	Al	13	26,98	2,702	Neodym	Nd	60	144,27	6,9
Americium	Am	95	—	11,7	Neon	Ne	10	20,183	0,900 NB
Antimon	Sb	51	121,76	6,684 ^{25°}	Neptunium	Np	93	—	17,9
Argon	Ar	18	39,944	1,7839 NB	Neutron	n	0	—	—
Arsen	As	33	74,91	5,727 ^{14°}	Nickel	Ni	28	58,71	8,90
Astatin	At	85	—	—	Niob	Nb	41	92,91	8,4
Barium	Ba	56	137,36	3,5	Nobelium	No	102	—	—
Berkelium	Bk	97	—	—	Osmium	Os	76	190,2	22,48
Beryllium	Be	4	9,013	1,85	Palladium	Pd	46	106,4	11,97 ^{0°}
Blei	Pb	82	207,21	11,344 ^{16°}	Phosphor	P	15	30,975	{ 1,82 (gelb) 2,20 (rot)
Bor	B	5	10,82	2,32	Platin	Pt	78	195,09	21,45
Brom	Br	35	79,916	3,12	Plutonium	Pu	94	—	19,8 (α)
Cadmium	Cd	48	112,41	8,64	Polonium	Po	84	—	—
Caesium	Cs	55	132,91	1,90	Praseodym	Pr	59	140,92	6,5
Calcium	Ca	20	40,08	1,55	Promethium	Pm	61	—	—
Californium	Cf	98	—	—	Protaktinium	Pa	91	—	—
Cer	Ce	58	140,13	6,90	Quecksilber	Hg	80	200,61	13,546
Chlor	Cl	17	35,457	3,24 NB	Radium	Ra	88	—	(5,0)
Chrom	Cr	24	52,01	6,92	Radon	Rn	86	—	9,73 NB
Curium	Cm	96	—	(7)	Rhenium	Re	75	186,22	20,53
Dysprosium	Dy	66	162,51	8,5	Rhodium	Rh	45	102,91	12,5
Einsteinium	Es	99	—	—	Rubidium	Rb	37	85,48	1,532
Eisen	Fe	26	55,85	7,86	Ruthenium	Ru	44	101,1	12,2
Erbium	Er	68	167,27	9,16	Samarium	Sm	62	150,35	7,7
Europium	Eu	63	152,0	5,3	Sauerstoff	O	8	16	1,429 NB
Fermium	Fm	100	—	—	Scandium	Sc	21	44,96	(2,5)
Fluor	F	9	19,00	1,695 NB	Schwefel	S	16	32,066	2,07
Francium	Fr	87	—	—					(rhombisch)
Gadolinium	Gd	64	157,26	—	Selen	Se	34	78,96	4,80 ^{25°}
Gallium	Ga	31	69,72	5,91	Silber	Ag	47	107,880	10,5
Germanium	Ge	32	72,60	5,36	Silicium	Si	14	28,09	2,4
Gold	Au	79	197,0	19,3	Stickstoff	N	7	14,008	1,2505 NB
Hafnium	Hf	72	178,50	13,31	Strontium	Sr	38	87,63	2,6
Helium	He	2	4,003	0,1785 NB	Tantal	Ta	73	180,95	16,6
Holmium	Ho	67	164,94	8,8	Technetium	Tc	43	—	—
Indium	In	49	114,82	7,3	Tellur	Te	52	127,61	6,24 (α)
Iridium	Ir	77	192,2	22,42	Terbium	Tb	65	158,93	8,3
Jod	J	53	126,91	4,93	Thallium	Tl	81	204,39	11,85
Kalium	K	19	39,100	0,86	Thorium	Th	90	232,05	11,2
Kobalt	Co	27	58,94	8,9	Thulium	Tm	69	168,94	9,3
Kohlenstoff	C	6	12,011	2,25	Titan	Ti	22	47,90	4,5
				(Graphit)	Uran	U	92	238,07	18,7
Krypton	Kr	36	83,80	3,74 NB	Vanadium	V	23	50,95	5,866 ^{15°}
Kupfer	Cu	29	63,54	8,92	Wasserstoff	H	1	1,0080	0,08987 NB
Lanthan	La	57	138,92	6,15	Wismut	Bi	83	209,00	9,80
Lawrencium	Lw	103	—	—	Wolfрам	W	74	183,86	19,3
Lithium	Li	3	6,940	0,534	Xenon	Xe	54	131,30	5,89 NB
Lutetium	Lu	71	174,99	9,7	Ytterbium	Yb	70	173,04	7,0
Magnesium	Mg	12	24,32	1,74	Yttrium	Y	39	88,92	5,51
Mangan	Mn	25	54,94	7,2	Zink	Zn	30	65,38	7,14
Mendelevium	Md	101	—	—	Zinn	Sn	50	118,70	7,28 (weiß)
Molybdän	Mo	42	95,95	10,2	Zirkonium	Zr	40	91,22	6,4